引用格式：白强. 建设世界科技强国的驱动逻辑、关键路径与中国突破——基于英德美建设世界科技强国的历史考察. 中国科学院院刊, 2023, 38(10): 1447-1458, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230410001.
Bai Q. Driving logic, critical path and China's breakthrough in building a world power in science and technology—Based on historical survey of building a world power in science and technology by Britain, Germany, and the United States. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(10): 1447-1458, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230410001. (in Chinese)

建设世界科技强国的驱动逻辑、关键路径与中国突破

——基于英德美建设世界科技强国的历史考察

白 强

1 铜仁学院 教育学院 铜仁 554300

2 重庆大学 公共管理学院 重庆 400044

摘要 建设世界科技强国是中国的发展战略目标。他山之石可以攻玉，深入剖析英国、德国、美国建设世界科技强国的驱动逻辑、关键路径，并从中获得镜鉴，对于我国建设世界科技强国具有重要参考价值。考察发现：世界科技强国的生成是国家政策创新、教育改革创新、人才队伍创新、企业应用创新、自主科技创新、文化建设创新六重创新驱动逻辑共同作用的结果，关键路径在于政产学研协同，教育、科技、人才一体联动，科技与经济融合，自由创新与有组织创新互补，基础研究与应用研究互促。建设世界科技强国的中国突破之径在于抢历史机遇节点，谋科技前沿胜点，建协同创新支点，强基础研究基点，治受制于人痛点，通评价应用堵点，如此才能实现科技自立自强，建成具有中国特色的世界科技强国。

关键词 世界科技强国，历史考察，驱动逻辑，关键路径，中国突破

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20230410001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20230410001

当前，世界百年未有之大变局加速演进，新一轮科技与产业革命迅猛发展，世界科技版图加速重塑，国际格局面临深刻调整，建设中国特色世界科技强国迫在眉睫。他山之石可以攻玉，英国、德国、美国作为公认的世界科技强国，都经历了建设世界科技强国的历程，在其建设世界科技强国的历史演进背后，不

资助项目：国家社会科学基金全国教育科学规划课题国家一般课题（BIA220053）
修改稿收到日期：2023年10月7日

仅隐含共同的创新驱动逻辑和关键路径，也有被他国后发赶超而失去既有优势的历史镜鉴，值得深入剖析。显然，取其长、补己短、长我智，对于我国实现世界科技强国建设目标、全面建成社会主义现代化强国和实现中华民族伟大复兴中国梦具有极其重要的参考价值。

1 英国、德国、美国建设世界科技强国的历史简述

建成世界科学中心是建成世界科技强国的基础。根据日本学者汤浅光朝[1]研究，历史上相继诞生了意大利、英国、法国、德国、美国5个世界科学中心。其中，英国、德国、美国分别于17世纪、19世纪、20世纪成为世界科学中心，并在此基础上各自建成世界科技强国，演绎了一曲曲值得细细品味的世界科技强国建设史。

1.1 英国建设世界科技强国的历史简述

16世纪以来，英国相继诞生了培根、牛顿、波义耳等杰出科学家。牛顿的经典力学、波义耳的化学科学等重大原创性科学成就，使英国在17世纪发展成为世界科学中心，奠定了建设世界科技强国的基础。17世纪20年代，英国经济发展水平还不及法国[2]，但率先颁布了世界历史上第一部具有近代意义的专利法规《垄断法规》（1624年），规定向发明人授予专利证书，明晰私有产权，鼓励科技发明。17世纪60年代，英国国王特许成立英国皇家学会（1660年），开启了科学组织“建制化”进程，推动了科学发展，并通过会员与工业界建立联系，促进了科技与产业互动[3]。17世纪中期以来，牛津大学、剑桥大学等大学相继改革古典传统教育，“将应用科学的教学和研究置于雄厚的基础科学之上”[4]，并把数学及自然科学引入课程体系，“作为学术势力取得知名度”[5]，为建设世界科技强国培养了大批科技人才。进入18世纪，凯伊“飞梭”、哈格里夫斯“珍妮纺纱机”、瓦特“蒸汽机”等系列重大技术发明和改良引发的第一次工业革命，促成了英国经济腾飞，建成世界科技强国。但19世纪中叶以后，英国错失以电力技术为标志的第二次工业革命契机[6]，逐渐失去科技强国优势地位。

1.2 德国建设世界科技强国的历史简述

德国建设世界科技强国的历程肇始于教育改革。18世纪初，普鲁士政府强制实施初等义务教育，19世纪初又开启现代高等教育改革的先河，并于1810年创建了世界高等教育发展史上第一所既不同于英国大学博雅教育又不同于法国工程师教育[7]的现代大学——柏林洪堡大学。该大学将科学研究作为重要使命，对19世纪德国科学的腾飞起到了极其重要的作用。后来德国涌现出一大批世界杰出科学家，取得许多重大科技成就，使其逐步发展成为世界科学中心，尤其是李比希的有机化学、西门子的实用发电机等科技成就直接推动了第二次工业革命，使德国成功进入电气化时代[8]。在推进世界科技强国建设过程中，政府重视科研人才，直接由国家为其提供薪资保障。19世纪70年代，通过颁布《迁徙自由法》等法律，为人才汇聚创造条件。同时，政府大力鼓励企业吸引优秀科学家加盟；在大学建立直接服务企业生产的研究中心，注重国外先进技术引进、消化、革新，使其在19世纪后半期超越英国和法国而建成世界科技强国。但在一战、二战期间，德国因大批科学家的流失等原因而逐渐失去科技强国优势地位。

1.3 美国建设世界科技强国的历史简述

建国后的美国自18世纪以来，通过颁布《专利法》（1790年）、成立专利局（1802年），保护知识产权，激励科技创新；通过实施《莫里尔法案》（1862年），兴办大批应用型州立学院，适应经济发展要求；通过颁行《移民法案》（1864年），吸引汇聚全球优秀人才，促进经济发展。1865年，“其国民经济生产总值仍然低于英国和西欧强国”[9]，但美国凭借其丰富的自然资源，抓住电力技术革命机遇，将电力广泛应

用于钢铁、汽车等行业生产改造和技术创新，使其国内生产总值（GDP）爆发式增长，于1890年实现经济总量世界领先[10]，并于1894年超越英国GDP[11]，成为世界第一经济大国，且至今仍稳居全球首位。20世纪以来，美国凭借其优越的科研条件和富有吸引力的人才政策，吸引了包括爱因斯坦在内的大批欧洲科学家来到美国。他们在美国不但从事前沿科学研究，而且参与大学教学，培养了大批优秀科技人才，美国诺贝尔奖获得者人数开始领先欧洲国家[12]，世界科学中心在20世纪30年代逐渐从德国转移到美国。二战期间，美国以举国体制推动重大攻关[13]，建成多元主体协同创新体系[14]，组织了“曼哈顿计划”，成为全球最先拥有核武器的国家，奠定了世界科技强国的领先地位。

2 建设世界科技强国的驱动逻辑

透视英国、德国、美国建设世界科技强国的演进历程发现，尽管具有不同国情、面临不同境遇，但都能在不同历史时期相继发展成为世界科学中心，进而建成世界科技强国，其中均隐含着创新是第一驱动力的创新驱动逻辑。

2.1 国家政策创新驱动逻辑

英国政策创新主要体现在通过国家政策激励促进科技发展和推动工业革命上，如颁布专利法规、特许成立皇家学会、鼓励支持成立大量民间科技社团[15]，推进技术与工业的结合。德国的政策创新集中体现在国家层面的教育政策系统创新[16]，特别是注重“质量立国”、建立“双元制”教育模式，培养大量应用技术人才。美国的政策创新主要体现在通过教育、科技、移民等政策制度的创新，如《莫里尔法案》《专利法》《移民法案》的实施有效促成了教育发展、科技创新、人才汇聚的“协同效应”，尤其是通过实施举国体制组织重大科技攻关率先研制出原子弹，奠定了世界科技强国的领先地位。

2.2 教育改革创新驱动逻辑

教育是科技强国建设之基。英国、德国、美国之所以能够先后建成世界科技强国，一个重要驱动逻辑就是教育改革创新。三国均通过教育改革创新培养科技人才、提升科研水平，为走向世界科技强国奠定基石。英国将自然科学纳入各级各类学校课程体系，素以保守著称的牛津大学、剑桥大学也改革贵族教育传统，如剑桥大学实行高标准的数学荣誉学位考试[17]。德国将科学技术教育纳入各级各类学校教育教学体系，培养了大批科技人才。尤其是柏林大学的创办培养了不少世界顶尖科学家。美国通过“本土化”教育制度的建构，创设大学系级组织和研究生院，培养大批科技人才，成功实现对欧洲传统教育精华的继承和超越，高等教育迅速赶超德国，为建成世界科技强国奠定了坚实基础。

2.3 人才队伍创新驱动逻辑

一流的科技人才队伍是建设世界科技强国的人力支撑。通过移民政策创新，吸引一流科技人才加盟，服务国家科技发展战略，是英国、德国、美国建设世界科技强国的奥秘之一。世界科技强国建设史也是一部世界一流科技人才队伍建设史。英国通过“来去自由”的移民政策吸引大批欧洲工匠、技师汇聚英国，并颁布了许多劳工法令，保护外来劳工的合法权益[18]。皇家学会的建立也为英国汇集了大批科技人才。德国19世纪中后期也通过移民政策，从英国、比利时等国引进了大批熟练技术工人。到20世纪初，其工程师数量比英格兰和威尔士多10倍[19]。美国科技人才队伍建设得益于宽松的移民政策和优越的科研条件等吸引了一大批欧洲科学家汇聚美国，为其建成世界科技强国提供了世界一流的人才支撑。

2.4 企业应用创新驱动逻辑

企业是联结科技与经济的关键枢纽，在促进科技成果迅速转化为现实生产力、推动创新链与产业链深度融合、提升国家整体创新效能方面发挥着至关重要

的作用。英国、德国、美国之所以能够建成世界科技强国，企业应用创新是极为重要的驱动逻辑。在第一次工业革命过程中，英国纺织、煤炭、冶金、运输等企业迅速将“蒸汽”动力技术发明广泛应用于工业生产，以机器生产取代手工劳动，极大提升了企业生产效率。有学者统计，到1850年，英国的棉织品、钢铁产量占到了全世界的一半，煤产量占到了2/3。到1860年，“英国工业品产量占世界工业品的40%—50%”[20]。在第二次工业革命时期，德国钢铁、运输等企业将发电机、内燃机等电力技术发明广泛应用于生产改造，使德国率先进入电气化时代。美国企业亦将电力技术发明广泛应用于生产设备创新、经营创新和流程创新，大幅增强科技竞争力，自20世纪40年代后，美国逐步成为全球技术创新潮流的引领者。

2.5 自主科技创新驱动逻辑

建成世界科技强国，关键在自主科技创新。英国一方面通过移民政策吸引大批来自意大利和其他欧洲国家的工匠和技师，为英国带来先进技术。另一方面，在已有技术基础上进行再创新。例如，瓦特通过几项关键技术改进了蒸汽机。1856年，德国在英国化学家柏琴发明人工合成染料技术的基础上，领先研制出许多化学分析仪器和电磁学仪器[21]，其化学及电磁工业由此反超英国。美国也经历了从学习引进到自主科技创新的过程。1815—1918年，美国大批青年涌入德国、英国的大学留学，学习欧洲先进技术，总人数超过1万人[22]，并在学习引进基础上通过多种途径促进技术改良再创新而后来居上，从而使美国科技自主创新能力反超德国，到二战结束时发展成为世界第一科技强国。

2.6 文化建设创新驱动逻辑

英国、德国、美国在建设世界科技强国的进程中，无不重视创新文化建设。英国建成世界科技强国，得益于其率先建立和实施专利保护制度营造出科技创新文化，极大激发了国民科技创新热情。时至今日，英国仍在通过政策牵引不断加大创新文化建设的力度。2017年颁布了《构建我们的工业战略》《产业战略：建设适应未来的英国》，以激励抢占世界科技前沿，维持世界科技强国地位。德国建成世界科技强国，从强制实施义务教育培育创新意识，到职业教育倡导“工匠精神”，再到创办柏林大学追求科研卓越，其科技创新文化建设是一个系统工程，不仅将科技创新追求融入国民教育体系、企业生产过程，还融入国民日常生活[23]。美国建成世界科技强国且至今仍然保持世界领先地位，得益于其冒险精神和实用主义文化对科学发展的影响[24]。从首批移民到达北美，再到独立建国和西部大开发，都体现出美国国民“新奇和富有创造性的精气神”[25]。

3 建设世界科技强国的关键路径

建设世界科技强国是一个系统工程，是多元主体有机联动、多元因素交互作用、多元逻辑协同驱动的结果，其中隐藏着世界科技强国生成的关键路径。

3.1 政产学研协同

从世界科技强国建设机制看，英国、德国、美国建设世界科技强国的过程，是由政府、产业、大学、研究机构组成“四重螺旋”创新机制体制，通过功能互补、作用互动，形成科技创新网络，协同推动世界科技强国建设的进程。在这个创新网络中，国家或地方政府代表行政链，发挥着统筹协调、政策保障和资源供给作用；企业代表产业链发挥着市场需求导向、成果应用转化、市场开发等作用；大学和研究机构代表学术链发挥着知识创新、技术研发等作用。在协同创新过程中，行政链、学术链、产业链、技术链适时进行要素交换、功能互补。例如，二战期间美国实施举国体制组织的“曼哈顿计划”，就汇集了政府、众多企业、多所大学、多个研究机构，形成了行政链、产业链、学术链、技术链协同创新体制机制，成功研制原子弹，一举奠定美国世界核大国地位，就是政产

学研协同创新的典范，诠释了政产学研协同推动世界科技强国建设的关键路径。

3.2 教育、科技、人才联动

世界科技强国建设，涉及多主体、多层面、多因素，而发挥基础性、关键性、战略性支撑作用的莫过于教育、科技和人才。此三者，缺其一不能建成世界科技强国。注重教育、科技、人才一体联动是英国、德国、美国建设世界科技强国的又一成功之径。英国通过教育改革实现了教育从古典到现代的转型，不但培养了大批科技人才，而且吸引了来自世界各地的人才汇集，产出了大批重大科研成果，促成了教育、科技、人才一体联动，从而成为世界科学中心，并引领第一次工业革命。德国是以教育改革促进科技创新、培养汇聚优秀人才的典范。特别是现代大学的创建，不仅促成了李比希的有机化学、施旺的细胞学、普朗克的量子假说诞生，还吸引了大批美国留学生，汇聚了大批人才，产生了教育、科技、人才一体联动效应，继而成为新的世界科学中心，进而建成世界科技强国。美国实施《专利法案》《莫里尔法案》《移民法案》等，为科技发展、教育创新、人才集聚提供了政策保障，从制度创新层面成功促成了教育、科技、人才一体联动，进而实现后发赶超。史实证明，教育、科技、人才一体联动是建设世界科技强国不可或缺的关键路径。

3.3 科技创新与经济发展融合

科技创新与经济发展的紧密融合是建设世界科技强国的必然路径选择。英国、德国、美国之所以建成世界科技强国，又一关键路径就是通过多种途径，促进科技创新与经济发展的紧密融合。如英国在第一次工业革命期间，通过科学组织与工业界的联系，在一定程度上促进了科技与工业的结合（如“月光社”成员在伯明翰、曼彻斯特、得兹等制造业发达地区，积极推动科学知识在工业领域的应用和工艺技术革新）。德国在第二次工业革命期间，通过成立国立化工研究所（1877年）、国立机械研究所（1879年）等科研机构直接服务工业发展。同时，政府还大力鼓励企业吸引优秀科学家加盟，促进科技与工业经济的紧密结合。美国在19世纪末20世纪初，也在全国各地建立各种研究所和工业实验室，促进科学研究与生产密切结合，使其在19世纪下半叶从落后的农业国一跃成为工业强国。显然，科技创新与经济发展的紧密融合，是英、德、美三国建成世界科技强国的又一共同路径选择。

3.4 自由创新与有组织创新互补

在处理自由创新与有组织创新关系问题上，英国、德国、美国没有统一的模式——有时以市场主体自发自由科技创新为主，有时以国家战略需求主导下的有组织科技创新为主。美国在建成世界科技强国之前的几乎整个19世纪，国民热衷于“发明小玩意”，企业自发从欧洲国家引进先进技术；但20世纪以来，美国加强“建制化”的国家创新体系建设，如“曼哈顿计划”。二战前后，德国自由创新与有组织创新共存。21世纪以来，英国、德国、美国虽然为了维持和强化其世界科技强国地位而不断强化科技规划、加大科技投入、推进国际科技合作[26]，但尊重科技创新活动规律、坚持有效市场与有为政府互补仍是其最基本的科技政策。显然，建设世界科技强国，既要充分尊重科学发展自身逻辑，又要积极回应国家战略需求逻辑，促成二者相融互补也是建设世界科技强国的关键路径。

3.5 基础研究与应用研发互促

基础研究与应用研发互促，是建成世界科技强国的又一关键路径。*① 基础研究引发技术革新，促进应用研发创新。*英国、德国、美国在建设世界科技强国的过程中，均通过基础研究创新促进技术研发创新，进而赋能工业革命。如18世纪热物理、气体理论等领域的研究促进了蒸汽机的改良，进而推动了第一次工业革命；又如德国李比希的有机化学促进了德国化学

工业技术的革新，赋能德国化学工业在第二次工业革命中独占鳌头等。② 应用研发倒逼基础研究，促进原始理论创新。例如，蒸汽机对于提高生产效率的需求，反过来又极大地促进了18—19世纪热力学的发展，尤其是热力学第一、第二定律的发现。因此，注重基础研究与应用研发协调发展，既不断加大基础研究经费投入促进原始创新，又注重通过应用研发倒逼基础研究，是建成世界科技强国的又一关键路径。

4 建设世界科技强国的有益镜鉴

通过上述分析论证，可得出许多建设世界科技强国的有益启示。但还有一个问题值得深入探究，那就是英国为何被德国赶超？德国又为何被美国赶超？弄清这个问题对于当下我国建设世界科技强国不失为有益的镜鉴。

4.1 避免守旧错失良机

英国、德国、美国相继建成世界科技强国都抓住了工业革命重大历史契机。英国、德国分别抓住了第一次工业革命、第二次工业革命重大历史机遇而建成世界科技强国；美国抓住第二次工业革命机遇而建成世界科技强国。但为何后来英国被德国、美国后发赶超？一个重要原因是英国因第一次工业革命取得巨大成功后反而因循守旧、不思进取。当时情况是，英国宁可从广大的殖民地国家获取巨额利润而不愿花费巨大成本更新技术设备。而统一后的德国，通过强大中央集权推行重工业优先政策，迫使大量资本集中到铁路、交通等行业，促进重工业迅速发展，到一战前夕，经济总量超过英国。美国在第二次工业革命中，通过在国内实行系列的社会和经济改革措施，将最初萌发于英国的科学技术在美国生根、开花和结果，并在尖端领域取得突破，取得竞争优势而后来居上。就英国而言，抓住第一次工业革命机遇是其建成世界科技强国的重要原因，错失第二次工业革命机遇是其丧失世界霸主地位的重要原因。显然，机不可失，时不再来，建设世界科技强国必须抢抓重大历史机遇。

4.2 避免应用转化迟缓

创新链与产业链的紧密对接，是建设世界科技强国的内在要求。英国、德国、美国之所以建成世界科技强国，一个共性原因是均注重科技创新成果及时转化为促进经济社会发展的现实生产力。英国为何被德美两国相继反超？一个原因就是应用转化迟缓，科技与产业脱节。19世纪初，英国在物理学、化学等领域拥有领先于世的科技成就，但未能及时利用，这些在“不列颠遭到忽视”[27]的科技成就，却在德国工业界得到广泛应用，德国经济实力迅速超越英国。直到一战期间遭到德军重创后，英国才意识到科技成果及时应用转化的重要性。这为当下我国建设世界科技强国提供了又一镜鉴，那就是科技成果转化应用的力度要加大、速度要加快，建设世界科技强国才有强大科技支撑。

4.3 避免制度变革滞后

建设世界科技强国必须向制度要活力、向改革要动力。根据时代需求，率先制度变革，释放创新活力、增强创新动能，既是英国、德国建设世界科技强国的成功经验，也是两国相继失去世界科技强国领先地位的重要原因，更是后来者美国反超欧洲的秘诀。英国率先超越意大利建成世界科技强国，与其率先在世界上颁布实施专利法规、建立专利保护制度等紧密相关。德国成为新的世界科技强国，与其率先进行教育制度变革紧密相关。美国反超英国和德国而成为新的世界霸主，与其在法律、教育、科技、人才等方面的系统化制度变革紧密相关。史实一再证明了率先制度变革对于建设世界科技强国的重要性。这给当下我国建设世界科技强国提供了又一个镜鉴，那就是要抓住关键性制度变革，为建设世界科技强国提供制度保障，才能有效提升国家创新体系整体效能，尽快建成世界科技强国。

5 建设世界科技强国的中国突破

中国建设世界科技强国既要遵循建设世界科技强国的内在逻辑，又要立足自身国情，走中国特色世界科技强国建设之路。从国情看，我国是在中国特色社会主义国情下建设世界科技强国；从优势看，我国具有集中力量办大事的社会主义制度优势；从基础看，我国已经通过改革“有效激发了各界的创业创新活力”[28]，“科技实力实现跨越式发展”[29]，但与世界科技强国特别是与美国还有很大距离[30]，“科技创新的基础还不牢固，创新水平还存在明显差距，在有的领域差距非但没有缩小，反而有扩大趋势”[31]。根据前述论证，结合中国实际，本文提出：既要统筹谋划、系统推进，又要瞄准短板、重点突破，才能尽快建成中国特色世界科技强国。

5.1 抢节点：抢抓重大历史机遇

抢抓重大历史机遇就能走向兴盛，反之不但会发展停滞，甚至会付出惨痛代价，这方面近代中国曾有深刻的历史教训。历史一再告诫我们，在重大历史机遇面前，如果不识变、不应变、不求变，必将错失整整一个时代。从时间看，每一次科技革命间隔时间大约为100年左右。当前，世界正处在新一轮科技革命关键期，谁能抓住这个重大历史机遇谁就占据未来主动。21世纪以来，英国、法国、德国、美国等已经建成世界科技强国的国家均从国家战略层面出台相关政策，谋求战略主动，以保持并强化已有地位。面对激烈的国际科技竞争，中国必须抢抓新一轮科技革命时间节点。如何抢抓这一重大历史机遇？一要有充分的思想准备，树立紧迫感、危机感、使命感；二要有关键抓手，这个抓手就是抓重大原始创新、抓关键核心技术突破、抓科技成果应用转化，如此方可赢得发展先机，取得战略主动。

5.2 谋胜点：前瞻谋划科技前沿

作为后发型的中国要在美国高科技全面封锁打压下实现中国突破，必须深研“制胜”谋略，方能出奇制胜，实现“非对称”赶超。《孙子兵法》云，“攻而必取者，攻其所不守也”，就是这个道理。科技竞争是“没有硝烟的战争”，只有前瞻谋划、超前布局，才能占领未来科技制高点。因此，今后一个时期，国家要在洞察科技发展趋势的基础上，加强科学预测、着力战略研判，前瞻谋划未来50年甚至100年世界科技前沿。例如，未来可能出现哪些改变世界的颠覆性技术？未来世界科技竞争的制高点可能在哪里？目前，新一轮科技革命的前景日渐清晰，对于脑科学、引力波、暗物质等有可能成为未来科技竞争前沿的领域，不可失之交臂。为此，建议在鼓励自由科技创新的同时，借此次国家机构改革契机，在新成立的中央科技委员会之下专设以战略科学家为主体的科技前沿战略专委会，专司科技前沿研究，为国家从战略布局、政策体系、支撑条件等方面进行超前部署提供决策咨询，有利于中国在未来科技竞争中赢得战略主动。

5.3 建支点：完善协同支撑网络

建设世界科技强国是一个系统工程，必须树立系统思维，强化力量支点，优化支撑布局，才能有效提升科技创新整体效能。结合中国实际，建议以“一个基础、三根支柱、四支力量”为切入口，夯实世界科技强国建设支点。① 厚育“一个基础”。物质上，我国一些重大科技基础设施建设已经处于世界领先地位，但仍存在“创新文化引领不足”[32]等问题，要重点厚育创新文化土壤。② 筑牢“三根支柱”。教育、科技、人才是建设世界科技强国的3根“顶梁柱”，缺一不稳。但长期以来三者条块分割，制度设计顾此失彼，联动机制缺失，支撑合力不足，需要加强统筹协调，强化横向贯通，增强“协作效应”。为此，建议从国家层面加强部门协同，增强教育、科技、人才制度目标的一致性、行动的协同性和功能的互补性，促成教育、科技、人才制度体系最优化、最大化。③ 协

同“四支力量”。我国虽已建成以国家实验室、国家科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业为主体的国家战略科技力量体系，但隶属不同、条块分割，未能形成协同创新战略力量体系，难以及时应对复杂尖锐的国际科技竞争。为此，建议强化中央科技委员会职能，加强政策协调，优化力量体系，确保关键制度协同联动，全方位提升战略科技力量体系整体效能。

5.4 强基点：超常强化基础研究

近年来，英国、法国、德国、美国、日本等世界科技强国的基础研究投入强度均保持在高位态势，美国还稳步上升[33]。就中国而言，党的十八大以来，研发经费投入强度连续10年保持较快增长，从2012年的1.91%提升到2021年2.44%，高于欧盟2.20%平均水平，但与美国3.45%、德国3.14%、日本3.27%、韩国4.81%仍有较大差距。从企业研发经费中基础研究占比看，欧美发达国家均在5%以上，中国仅为0.5%，长期低位徘徊[34]。显然，中国的基础研究还存在着投入总体不足[35]和社会投入尤其是企业研发经费投入偏低的短板，“支撑经济社会发展的源头供给能力不强”[36]，制约着世界科技强国建设。鉴于此，建议从国家层面“超常规”强化基础研究。① 实施“底线+”超常规投入计划，即在将基础研究总经费升到与美国持平的“底线”上，再在一些科技前沿和重点领域增加国家财政投入，确保投入总经费绝对性超越世界头号科技强国；② 建立企业研发投入超常规财政支持机制，即通过大幅税收减免、倍增财政补贴等方式，鼓励企业大幅增加研发经费投入，提升企业自主科技创新能力。

5.5 治痛点：攻克关键核心技术

当前，中国科技创新面临的“天花板”是“一些关键核心技术受制于人”，对外技术依赖程度高，特别是有些关键基础材料、高端专用芯片、终端处理器、先进检测设备长期依赖进口，成为建设世界科技强国的切肤之痛。中国必须痛定思痛，必须潜心攻关。① 要有“大思想”，解决观念上的“自主创新”问题。要从根本上摒弃依赖意识，坚定不移走中国特色自主创新道路。② 要有“大作为”，解决如何走好中国特色自主创新道路问题。要充分发挥集中力量办大事的社会主义制度优势，聚焦痛点问题，汇聚多元力量，组织重大攻关，取得关键突破。③ 要有“大胸怀”，关键核心技术要常创常新。先进技术是相对的，此时先进，彼时落后。因此，既要独立自主，又要放眼世界，走好国际科技合作创新之路。

5.6 通堵点：创新评价应用机制

制度通则活力足，机制畅则效率高。党的十八大以来，国家层面密集出台了系列有关科技评价体制机制改革的政策文件。但因受思维惯性、资源与利益分配等多重因素的影响，科技事业发展还存在着科技评价制度梗阻和成果应用转化梗阻。前者表现为科技评价导向的学术化、标准的单一化；后者表现为科技成果多停留于书斋里和实验室，难以产生知识“溢出效应”，难以及时转化为现实生产力，亟待改革科技评价机制以打通成果应用转化堵点。① 建立健全多元科技评价机制。针对基础研究、应用研究、开发研究等不同类型、不同性质、不同特点的研究，建立分类评价标准体系，克服评价标准“一刀切”弊端。② 强力推进科技成果应用转化。关键是促成创新链与产业链紧密对接，充分发挥“有为政府”和“有效市场”双重推动作用，畅通科技与经济之间的通道，促进科技与经济深度融合。

6 结语

建设世界科技强国是实现中华民族伟大复兴中国梦的必由之路。久经磨难、百折不挠的中华民族已经站在新的历史起点上，面临新的重大历史机遇，必须深刻吸取近代中国的历史教训，必须坚持创新是第一驱动力，提高战略思维、树牢创新思维、坚持系统思

维，既要遵循世界科技强国生成的多重创新驱动逻辑，又要借鉴世界科技强国建设的关键路径，并加以创造性转化运用，才能走出一条具有中国特色的世界科技强国之路，复兴民族，造福人类。

参考文献

1 Yuasa M. Center of scientific activity: Its shift from the 16th to the 20th century. Japanese Studies in the History of Science, 1962, 1(1): 57-75.

2 Maddison A. The world Economy: Historical Statistics. Paris: OECD Publishing, 2001: 261.

3 Schofield R. The Indurtiral orientation of science in the lunar society of Birmingham. History of Science, (48): 414-415.

4 杨豫. 英国的社会结构与经济起飞. 世界历史, 1986, (6): 19-28.
Yang Y. Social structure and economic take-off in Britain. World History, 1986, (6): 19-28. (in Chinese)

5 罗伯特·金·默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会. 范岱年, 译. 北京: 商务印书馆, 2000: 62.
Robert K M. Science, Technology, and Society in 17th Century England. Translated by Fan Dainian. Beijing: Commercial Press, 2000: 62 (in Chinese)

6 刘云, 陶斯宇. 基础科学优势为创新发展注入新动力——英国成为世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33 (5): 484-492.
Liu Y, Tao S Y. Basic science advantage instills new power for innovative development—Way of United Kingdom becoming world's scientific and technological power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(5): 484-492. (in Chinese)

7 秦铮. 对德国、美国世界科技强国崛起之路的思考. 科技中国, 2022, (2): 13-19.
Qin Z. Reflections on the rise of Germany and the United States as world science and technology powers. Scitech in China, 2022, (2): 13-19. (in Chinese)

8 卡萝塔·佩蕾斯. 技术革命与金融资本:泡沫与黄金时代的动力学. 田方萌, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 16.
Carlotta P. Technological rRevolution and Financial Capital: Dynamics of Foam and the Golden Age. Translated by Tian F M. Beijing: China Renmin University Press, 2007: 16. (in Chinese)

9 王作跃. 科技革命与美国现代化. 济南: 山东教育出版社, 2020: 15.
Wang Z Y The Technological Revolution and American Modernization. Jinan: Shandong Education Press, 2020: 15 (in Chinese)

10 The United States Becomes a World Power, HistoryDigital. [2023-05-14]. http://www. digitalhistory. uh. edu/disp_textbook.cfm?smtID=2&psid=3158.

11 秦铮. 美国建设世界科技强国的经验及对我国的启示. 创新科技, 2022, 22(3): 81-92.
Qin Z. Experience and enlightenment of the US in building a world power in science and technology. Innovation Science and Technology, 2022, 22(3): 81-92. (in Chinese)

12 秦铮, 孙福全, 袁立科. 德美日建设世界科技强国的经验及启示. 科技管理研究, 2022, 42(12): 40-45.
Qin Z, Sun F Q, Yuan L K. Experience and enlightenment of Germany, United States, and Japan in building a powerhouse in science and technology. Science and Technology Management Research, 2022, 42(12): 40-45. (in Chinese)

13 路风, 何鹏宇. 举国体制与重大突破——以特殊机构执行和完成重大任务的历史经验及启示. 管理世界, 2021, 37 (7): 1-18.
Lu F, He P Y. The new-type system of nationwide mobilization and breakthroughs: Historical experiences of accomplishing major tasks by special agencies and the lessons. Journal of Management World, 2021, 37(7): 1-18. (in Chinese)

14 Shaw J. There and back again: Revisiting Vannevar Bush, the linear model, and the freedom of science. Research Policy, 2022, 51(10): 104610.

15 赵文媛, 苟月. 科学与工业——论第一次工业革命时期的英国科技社团. 科学管理研究, 2016, 34(1): 117-120.
Zhao W Y, Gou Y. Science and Industry: English scientific societies during the first Industrial Revolution. Scientific Management Research, 2016, 34(1): 117-120. (in Chinese)

16 金志成. 德国科学中心形成的若干历史经验的思考. 武汉: 华中师范大学, 2007.

Jin Z C. Thought of Several History Experiences about Formation of German Science Centre. Wuhan: Central China Normal University, 2007. (in Chinese)

17 C W 克劳利. 新编剑桥世界近代史(第9卷). 中国社会科学院世界历史研究所, 译. 北京: 中国社会科学出版社, 1992: 266.

Crowley C W. New Cambridge Modern World History (Volume 9). Translated by Institute of World History, Chinese Academy of Social Sciences. Beijing: China Social Sciences Press, 1992: 266.(in Chinese)

18 雷中亮. 工业革命前后英国人才环境对我国人才环境建设的启示. 科技创新与生产力, 2018, (4): 114-115.

Lei Z L. Discussion on enlightenment of talent environment before and after industrial revolution in UK on talent environment construction in China. Sci-Tech Innovation and Productivity, 2018, (4): 114-115. (in Chinese)

19 理查德·尼尔森. 国家(地区)创新体系:比较分析. 曾国屏, 译. 北京: 知识产权出版社, 2012: 140.

Nelson R. National (Regional) Innovation Systems: Comparative Analysis. Translated by Zeng G P. Beijing: Intellectual Property Press, 2012: 140.(in Chinese)

20 王昌林, 姜江, 盛朝讯, 韩祺. 大国崛起与科技创新——英国、德国、美国和日本的经验与启示. 全球化, 2015, (5): 39-49, 117, 133.

Wang C L, Jiang J, Sheng C X, Han Q. The Rise of Great Powers and Technological Innovation: Experience and Enlightenment from the UK, Germany, the United States, and GlobalizationJapan, 2015, (5): 39-49, 117, 133

21 穆荣平, 樊永刚, 文皓. 中国创新发展:迈向世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2017, 32(5): 512-520.

Mu R P, Fan Y G, Wen H. Innovation development: Way to build China a major S & T power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(5): 512-520. (in Chinese)

22 梁丽. 美国学人留德浪潮及其对美国高等教育的影响(1815—1917). 石家庄: 河北教育出版社, 2016: 7.

Liang L. The Wave of American Scholars Studying in Germany and Its Impact on American Higher Education (1815-1917). Shijiazhuang: Hebei Education Press, 2016: 7. (in Chinese)

23 吕鸿. 德国:科技就在百姓日常生活中. 四川党的建设(城市版), 2007, (3): 51.

Lyu H. Germany: Technology is in people's daily life. Sichuan Dang De Jianshe (Chengshi Ban), 2007, (3): 51. (in Chinese)

24 Gutek G L. Philosophical, Ideological, and Theoretical Perspectives On Education. New Jersey: Pearson, 2014: 76.

25 杨朝辉. 创新与经济发展——美国钢工业创新对经济发展的推动研究. 技术与创新管理, 2015, 36(2): 154-157.

Yang Z H. Innovation and economic development—The positive factors of steel industry innovation on the US economic development. Technology and Innovation Management, 2015, 36(2): 154-157. (in Chinese)

26 张永凯, 陈润羊. 世界科技强国科技政策的趋同趋势及我国的应对策略. 科技进步与对策, 2013, 30(2): 108-111.

Zhang Y K, Chen R Y. The convergence trend of science and technology policy in technological power and its countermeasures for China. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(2): 108-111. (in Chinese)

27 约翰·德斯蒙德·贝尔纳. 历史上的科学(卷二):科学革命与工业革命. 伍况甫, 彭家礼, 译. 北京: 科学出版社, 2015: 485.

Bernard J D. Science in History (Volume II): The Scientific Revolution and the Industrial Revolution. Translated by Wu K F, Peng J L. Beijing: Science Press, 2015: 485. (in Chinese)

28 张柏春, 田淼, 张久春. 科技革命与中国现代化. 济南: 山东教育出版社, 2020: 169.

Zhang B C, Tian M, Zhang J C. Technological Revolution and China's Modernization. Jinan: Shandong Education Press, 2020: 169. (in Chinese)

29 白春礼. 改革开放四十年 中国科技创新的发展之路. 中国科技奖励, 2018, (12): 6-10.

Bai C L. The development road of China's scientific and technological innovation in the 40 years of reform and opening up. China Awards for Science and Technology, 2018, (12): 6-10. (in Chinese)

30 柳卸林, 马瑞俊迪, 刘建华. 中国离科技强国有多远. 科学学研究, 2020, 38(10): 1754-1767.

Liu X L, Ma R J D, Liu J H. How har is China from world science and technology power country. Studies in Science of

Science, 2020, 38(10): 1754-1767. (in Chinese)

31 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 北京: 中央文献出版社, 2016: 24.

Central Literature Research Office of the Communist Party of China. Xi Jinping's Excerpt from Discussion on Technological Innovation. Beijing: Central Literature Publishing House, 2016: 24. (in Chinese)

32 任福君, 刘萱, 马健铨. 面向2035创新文化建设的进一步思考. 科技导报, 2021, 39(21): 87-94.

Ren F J, Liu X, Ma J Q. A further thinking on the construction of innovative culture towards 2035. Science & Technology Review, 2021, 39(21): 87-94. (in Chinese)

33 田倩飞, 张志强, 任晓亚, 等. 科技强国基础研究投入—产出—政策分析及其启示. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 1406-1420.

Tian Q F, Zhang Z Q, Ren X Y, et al. "Input-output-policy" analysis on basic research of scientific and technological powers and its enlightenment to China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(12): 1406-1420. (in Chinese)

34 刘垠. 全社会研究经费投入连续保持两位数增长——专家解读《2021年全国科技经费投入统计公报》. 科技日报, 2022-09-01(01).

Liu Y. The whole society's research funding has maintained a continuous double-digit growth—Expert interpretation of the "Statistical Bulletin of National Science and Technology Funding in 2021". Science and Technology Daily, 2022-09-01(01). (in Chinese)

35 申海燕. 加快推动科技创新发展的政策建议. 宏观经济管理, 2021, (7): 65-72.

Shen H Y. Policy suggestions on accelerating innovative development of science and technology. Macroeconomic Management, 2021, (7): 65-72. (in Chinese)

36 叶玉江. 持之以恒加强基础研究 夯实科技自立自强根基. 中国科学院院刊, 2022, 37(5): 589-595.

Ye Y J. Continuously strengthening basic research and solidifying foundation of sci-tech self-reliance and self-strengthening. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(5): 589-595. (in Chinese)

Driving logic, critical path and China's breakthrough in building a world power in science and technology

—Based on historical survey of building a world power in science and technology by Britain, Germany, and the United States

BAI Qiang

（1 School of Education, Tongren University, Tongren 554300, China;

2 School of Public Policy and Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China）

Abstract Building a world science and technology powerhouse is China's strategic development goal. Stones from other mountains can be used to attack jade, so as to deeply analyze the driving logic and key paths of Britain, Germany, and the United States in building a world science and technology powerhouse can gain insights from them, with important reference value for China. The investigation found that the establishment of a world science and technology powerhouse is the result of the combined action of six innovative driving logic: national policy innovation, education reform innovation, team building innovation, enterprise application innovation, independent technology innovation, and cultural construction innovation. The key path lies in the coordination of government, industry, and academia, the integration of education, science and technology, and talent training, the integration of technology and economy, the complementarity of free innovation and organized innovation, and the mutual promotion of basic research and applied research. The breakthrough path for China to build a world science and technology powerhouse lies in seizing historical opportunity, seeking cutting-edge technological advancements, building collaborative innovation fulcrums, strengthening basic research bases, addressing pain points that are constrained by human factors, and addressing application bottlenecks. Only in this way can we achieve technological self-reliance and self-improvement, and build a world science and technology powerhouse with Chinese characteristics.

Keywords world power in science and technology, historical investigation, drive logic, critical path, China's breakthrough

白 强 铜仁学院教授，重庆大学公共管理学院教授。主要研究领域：高等教育改革、科技发展战略。
E-mail: jyxybq@gztrc.edu.cn

BAI Qiang Professor of Tongren University and School of Public Administration, Chongqing University. His main research fields cover higher education reform, scientific research and discipline policy. E-mail: jyxybq@gztrc.edu.cn

■责任编辑：文彦杰